

УДК 656.7.072:061.5(100):338.27(043.2)

Н.В. Білак, к.т.н.
Н.А. Лукашенко, студ.
Ю.М. Якуба, студ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ АВІАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Національний авіаційний університет
E-mail: natabilak@mail.ru

Запропоновано лінійну та нелінійну регресійні моделі, в яких ураховані рівняння тренду та індекси сезонності, для проведення аналізу стану обсягу пасажироперевезень і його прогнозування, а також алгоритм формування цих моделей на підставі аналізу статистичних даних. Шукані моделі є початковим етапом для синтезу більш складних моделей, що нададуть змогу спрогнозувати стан обсягу пасажироперевезень (рівень доходів авіакомпанії) з високою точністю та часовою актуальністю.

Ключові слова: діяльність авіаційного підприємства, індекс сезонності, коефіцієнт кореляції, критерій Фішера, лінійна та нелінійна регресійні моделі, методи прогнозування, рівняння тренду, середня похибка моделі.

Постановка проблеми

Нині в ринковій економіці України рівень прибутків будь-якого підприємства залежить від чіткого та ефективного планування його діяльності, неперервного отримування та обробки достовірної інформації про зміни на ринках, що впливають на його діяльність, якості складання інформаційних прогнозів для обґрунтування планів. На підставі прогнозів і планів розробляється стратегія і тактика підприємства, за допомогою яких досягаються основна мета його розвитку.

Аналіз досліджень

Існує більше ніж 150 методів прогнозування, але на практиці використовується лише 15–20 [1].

За загальним принципом дії та способом отримання прогнозованої інформації інтуїтивні методи поділяються на такі:

- 1) індивідуальні:
 - анкетування;
 - інтерв'ю;
 - аналітичний;
 - написання сценарію;
 - дерево цілей;
- 2) колективні:

- методи комісій;
- колективної генерації ідей – «мозкова атака»;

- «дельфі»;
- матричний метод.

За ступенем формалізації методи прогнозування поділяються на такі:

- інтуїтивні (експертні);
- формалізовані;
- комплексні (поєднання перших двох методів та сценарного методу).

Формалізовані методи поділяються на такі:

- 1) методи екстраполяції тенденції;
 - простої екстраполяції;
 - часового тренду,
 - регресійного аналізу, в основі якого метод найменших квадратів, адаптивний;
 - експоненціального згладжування;
 - гармонійної ваги;
 - ковзних середніх;
- 2) моделювання:
 - структурне;
 - мережеве;
 - матричне;
 - імітаційне;
 - комбіноване;

– статистичне – на основі одного рівняння регресії або на основі системи рівнянь регресії.

Інша класифікація передбачає поділ на такі методи:

- 1) статистичні методи;
- 2) експертні оцінки;
- 3) моделювання.

Мета роботи – розглянути діяльність авіаційного підприємства, що займається пасажироперевезеннями та отримати лінійну та нелінійну регресійні двовимірні математичні моделі, що дозволять спрогнозувати обсяг пасажироперевезень на певний період.

Наявність статистичних даних, що дають змогу провести кількісну оцінку окремих явищ (процесів), а також незначна кількість факторів, для яких були отримані статистичні дані (всього 6), свідчать, що для прогнозування в цьому випадку необхідно використувати формалізовані методи, або за іншою класифікацією – статистичні.

Із формалізованих методів для побудови регресійних моделей було обрано комплекс методів:

- метод регресійного аналізу;
- метод часового тренду;
- метод статистичного моделювання на основі одного рівняння регресії.

Фактори впливу

На характер досліджуваного процесу впливає велика кількість факторів [2]:

- стан авіаційного парку;
- маршрутна мережа;
- частота рейсів;
- безпека польотів;
- якість сервісу;
- тарифи і цінові характеристики;
- ціна на авіапаливо;
- імідж компанії;
- маркетингова політика;
- кількість пасажиромісць;
- доходи населення;
- кількість конкурентів;
- рівень інфляції;
- наземна інфраструктура.

Однак включені в модель фактори мають бути кількісно вимірювані, оскільки процедура реалізації моделей передбачає дії тільки з кількісними ознаками. Тому серед указаних факторів для подальших досліджень обрано такі фактори:

- обсяг пасажироперевезень Y ;
- доходи населення X_1 ;
- кількість напрямлень X_2 ;
- кількість пасажиромісць X_3 ;
- кількість конкурентів X_4 ;
- рівень інфляції X_5 ;
- статистичні дані про характер зміни за 2001–2009 рр.

Результуючий фактор – обсяг пасажироперевезень.

Для виділення факторів, що найбільше впливають на результуючий фактор Y , сформовано матрицю парних коефіцієнтів кореляції (табл. 1) та знайдені значення множинних коефіцієнтів кореляції.

Таблиця 1

Парні коефіцієнти кореляції факторів

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Y	1	0,878	0,875	0,759	0,863	0,201
X_1	0,878	1	0,929	0,793	0,909	0,406
X_2	0,875	0,929	1	0,868	0,985	0,435
X_3	0,759	0,793	0,868	1	0,821	0,371
X_4	0,863	0,909	0,985	0,821	1	0,448
X_5	0,201	0,406	0,435	0,371	0,448	1

Добір факторів відбувається за врахуванням ступеня зв'язків, тобто значень коефіцієнтів кореляції. Оскільки максимальним парним коефіцієнтом кореляції в табл. 1 є коефіцієнт $r_{X_2X_4} = 0,985$, а коефіцієнти $r_{YX_2} = 0,875$, $r_{YX_4} = 0,863$ порівняно з коефіцієнтом $r_{X_2X_4}$ здійснюють незначний вплив на значення множинного коефіцієнту кореляції $R_{YX_2X_4}$, а отже, і на показник тісноти зв'язку між факторами $(R_{YX_2X_4})^2$, то для регресійних моделей, що дозволять спрогнозувати значення фактору Y було обрано фактори X_2 та X_4 .

Побудуємо регресійні моделі лінійного вигляду:

$$Y_i(X_{2i}, X_{4i}) = a + b_2 X_{2i} + b_4 X_{4i}, \quad (1)$$

та нелінійного вигляду:

$$Y_i(X_{2i}, X_{4i}) = X_{2i}^{b_2} X_{4i}^{b_4} e^a, i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де a, b_2, b_4 – коефіцієнти регресійних моделей, отримані за методом найменших квадратів [3; 4];

$m=36$ – кількість кварталів за період 2001–2009 рр.

Моделі (1), (2) не можуть застосовуватися для прогнозування фактору Y , оскільки необхідно отримати значення факторів X_2 та X_4 , що входять до моделі. У такому вигляді моделі можуть використовуватися для отримання значення фактора Y за відомими значеннями факторів X_2 та X_4 , для визначення кількості напрямлень X_2 , що необхідно забезпечити для отримання бажаного значення обсягу пасажироперевезень Y при відомій кількості конкурентів X_4 і навпаки. Але навіть у разі такого застосування очікуваний результат буде отримано з запізненням і може втратити свою актуальність (відсутня часова актуальність).

Урахування тренду моделей

У загальному випадку значення факторів X_2 та X_4 можуть залежати від інших факторів, що не були враховані під час збору статистичних даних, але для спрощення розглядалися залежності факторів X_2 та X_4 від фактору часу (від кварталу). Тобто для факторів X_2 та X_4 знайдено рівняння тренду. Розглядалися лінійні рівняння тренду.

Із врахуванням рівнянь тренду моделі (1), (2) набудуть вигляду:

– лінійна:

$$Y_{\text{МЛІ}}(T_i) = a + b_2(k_2 T_i + c_2) + b_4(k_4 T_i + c_4), \quad (3)$$

– нелінійна:

$$Y_{\text{МНКІ}}(T_i) = (k_2 T_i + c_2)^{b_2} (k_4 T_i + c_4)^{b_4} e^a, \quad (4)$$

де k_2, c_2, k_4, c_4 – коефіцієнти рівнянь тренду факторів X_2 та X_4 відповідно, отримані за методом найменших квадратів [3; 4] і наведені в табл. 2.

Коефіцієнти моделей

Коефіцієнт	Модель	
	Лінійна	Нелінійна
a	-0,15799	-12,81723
b_2	0,01441	2,70042
b_4	0,00077	0,93157
k_2	0,2027	
c_2	11,27	
k_4	0,197039897	
c_4	16,5492	

Індекси сезонності

Аналіз характеру зміни обсягу пасажироперевезень свідчить про наявність періодичних (сезонних) процесів, у цій роботі з періодом 4. Для врахування цієї особливості отримано значення індексів сезонності:

$$I = [IC1 \ IC2 \ IC3 \ IC4]^T = \frac{1}{m_p} \left(\left[\sum_{j=1}^{m_p} Y_{1j} \quad \sum_{j=1}^{m_p} Y_{2j} \quad \sum_{j=1}^{m_p} Y_{3j} \quad \sum_{j=1}^{m_p} Y_{4j} \right]^T - \frac{1}{4} \text{ones}(4,1) \cdot \sum_{i=1}^m Y_i \right) = \begin{bmatrix} -0,019 \\ -0,002 \\ 0,025 \\ -0,003 \end{bmatrix}$$

де $IC1, IC2, IC3, IC4$ – індекси сезонності [3; 4];

m_p – кількість років, протягом яких проводились спостереження за факторами ($m_p = 9$);

Y_h – вектор (вибірка) з елементів вектора Y , що відповідають кварталу h ;

m – кількість кварталів за 2001–2009 рр. ($m=36$).

Із індексів сезонності формується вектор S , що містить $m = 36$ елементів. При цьому кожний індекс у сформованому векторі повторюється з періодом 4.

З урахуванням індексів сезонності регресійні моделі (3), (4) набудуть вигляду:

– лінійна:

$$Y_{\text{МЛІСІ}}(T_i) = Y_{\text{МЛІ}}(T_i) + S_i(T_i); \quad (5)$$

– нелінійна:

$$Y_{\text{МНЛСі}}(T_i) = Y_{\text{МНЛ}}(T_i) + S_i(T_i), i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де T_i – елементи вектора часу (порядкові номери кварталів за розглядуваний період);

S_i – елементи вектора індексів сезонності, що є функціями часу.

Критерій Фішера

З метою вибору ефективнішої (точної) моделі для прогнозування шляхом встановлення рівня зв'язку результуючого фактору та двох факторів впливу проводилась оцінка достовірностей даних моделей за значеннями їх середніх похибок та на основі критерію Фішера [3; 4].

За значеннями середніх похибок достовірною є нелінійна модель (4), в якій не враховувались індекси сезонності. Її похибка становить – 16,838 %. Зі зменшенням відрізка кварталів (від початкової границі відрізка) середні похибки моделей починають зменшуватися.

При цьому найкращу динаміку зменшення похибки має лінійна модель, в якій ураховані індекси сезонності і рівняння тренду:

на відрізку [5; 36] – 12,94 %,

на відрізку [11; 36] – 7,08 %,

на відрізку [18; 36] – 5,1 %.

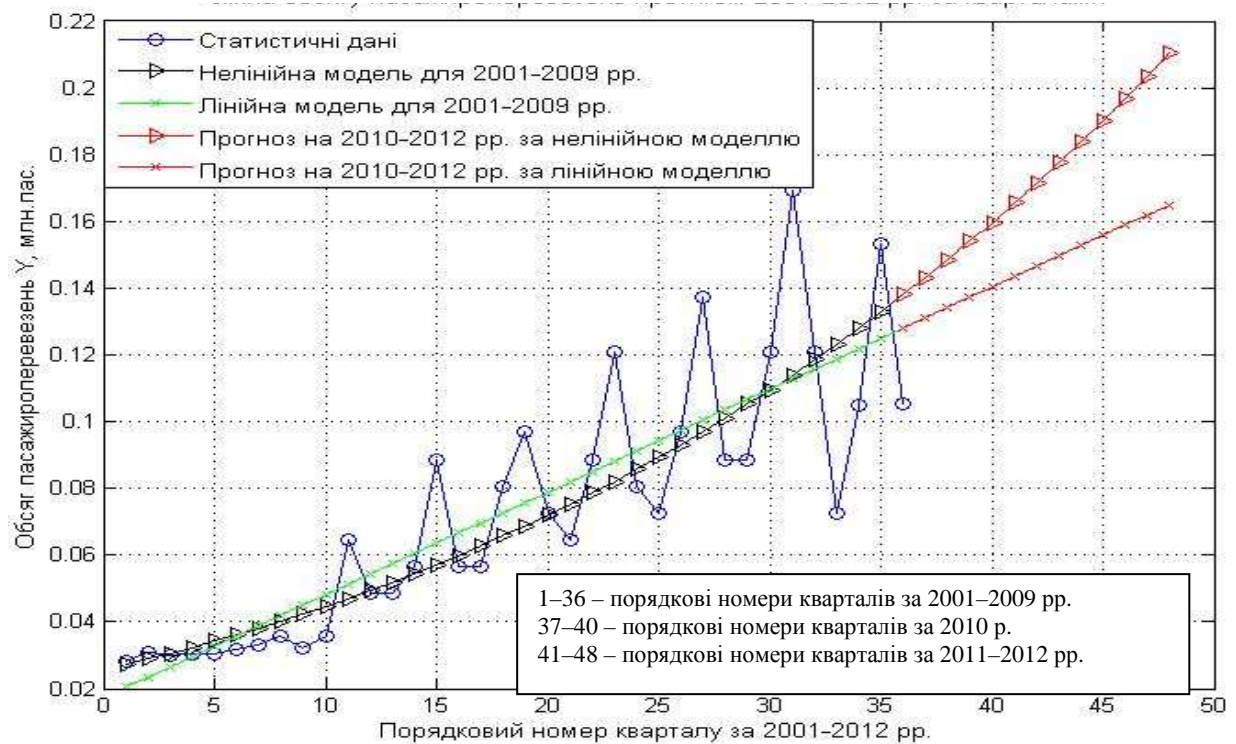
На основі критерію Фішера встановлено, що з вірогідністю 0,95 регресійні моделі (3), (4), а також показники тісноти зв'язку $R_{YX_2X_4}$ є статистично значущими при не випадковому впливі факторів X_2 , X_4 . Але більш тісна залежність між результуючим фактором Y і факторами X_2 , X_4 у нелінійної моделі (4) – 88 % варіація середнього обсягу пасажироперевезень визначається варіацією кількості напрямів перевезень та кількістю конкурентів.

Результати прогнозування наведено в табл. 3 та на рисунку.

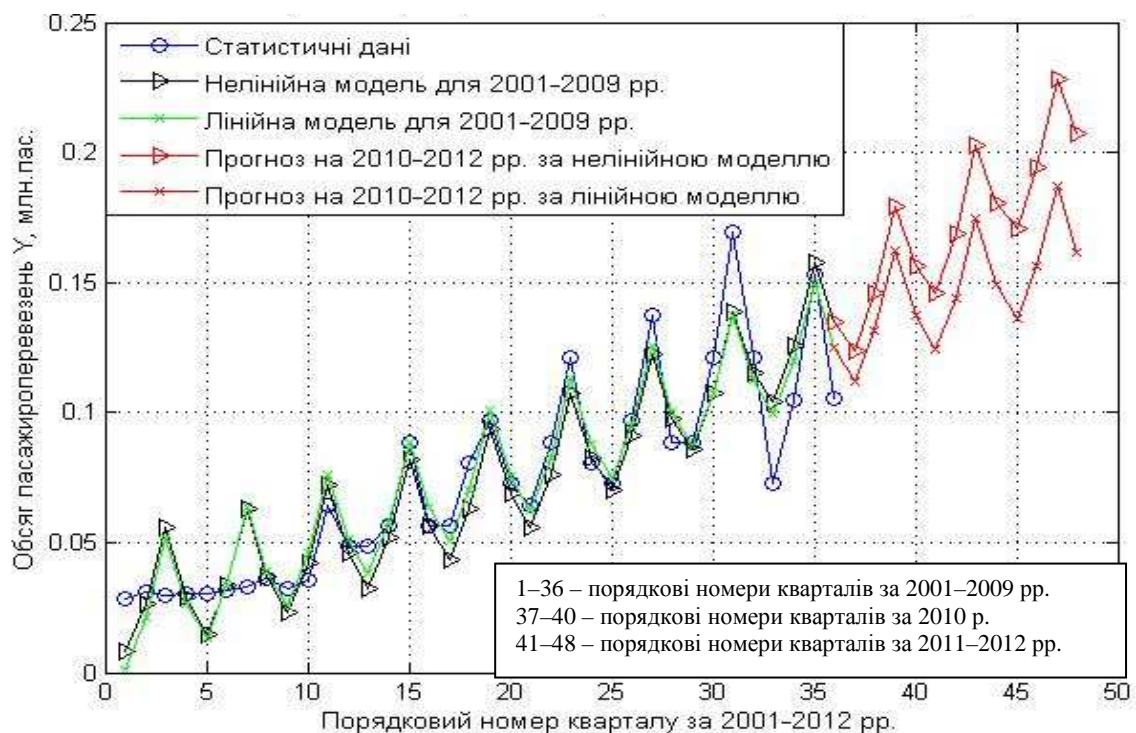
Таблиця 3

Обсяг пасажироперевезень, млн. пас.

Рік	Номер кварталу	Лінійна модель		Нелінійна модель	
		без урахування індексів сезонності	з урахуванням індексів сезонності	без урахування індексів сезонності	з урахуванням індексів сезонності
2011	41	0,13729	0,16231	0,154045	0,17907
	42	0,14036	0,13711	0,15968	0,15643
	43	0,14344	0,12407	0,16546	0,14609
	44	0,14651	0,14411	0,171394	0,168992
2012	45	0,149587	0,17461	0,17748	0,2025
	46	0,15266	0,1494	0,1837	0,180469
	47	0,15573	0,13636	0,19011	0,17074
	48	0,15881	0,15641	0,19666	0,19426



а



б

Прогноз на основі нелінійної та лінійної моделі:

а – без урахування індексів сезонності;

б – з урахуванням індексів сезонності

При тенденції росту кількості конкурентів протягом 2001–2009 рр. для забезпечення подальшого зростання обсягу пасажироперевезень (збільшення доходів авіакомпанії) необхідно продовжувати збільшувати кількість напрямлень.

Висновки

У результаті аналізу статистичних даних були отримані моделі:

- 1) лінійна без урахування рівнянь тренду та індексів сезонності (1);
- 2) нелінійна без урахування рівнянь тренду та індексів сезонності (2);
- 3) лінійна з урахуванням рівнянь тренду (3);
- 4) нелінійна з урахуванням рівнянь тренду (4);
- 5) лінійна з урахуванням рівнянь тренду та індексів сезонності (5);
- 6) нелінійна з урахуванням рівнянь тренду та індексів сезонності (6).

Моделі (1) і (2) не дають змоги робити прогнози на майбутні періоди, оскільки в них немає фактора часу, але дозволяють лише за відомими значеннями двох факторів, отримати значення третього.

Модель (4) відзначилася мінімальним значенням середньої похибки – 16,838 %.

На основі розрахованих моделей (3), (4), (5), (6) отримано прогнози обсягу пасажироперевезень на 2011–2012 рр. Станом на четвертий квартал 2012 р. обсяг пасажироперевезень має становити відповідно: 0.15881, 0.19666, 0.15641, 0.19426 млн. пас.

Для удосконалення прогнозів також необхідно враховувати вплив інших факторів.

На обсяг пасажироперевезень можуть впливати погодні умови, стихійні лиха, проведення змагань Євро 2012, військові конфлікти. При цьому модель набуде більш складної форми.

Література

1. *Макаренко Т.І.* Моделювання та прогнозування у маркетингу: навч. посіб. / Т.І. Макаренко. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 160 с.
2. *Статистичний збірник «Транспорт і зв'язок України – 2008»* / за ред. Н.С. Влащенко. – К.: ДП «Інформаційно-аналітичне агентство», 2009. – 281 с.
3. *Кремер Н.Ш.* Эконометрика: учеб. для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.
4. *Шмойлова Р.А.* Практикум по теории статистики: учеб. пособие / Р.А. Шмойлова, В.Г. Минашкин, Н.А. Садовникова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 416 с.

Стаття надійшла до редакції 08.07.2011.